

CONTRIBUȚII ASUPRA TRANSFERULUI DE MASĂ PRIN PEREȚI DIN MATERIALE INOVATIVE EFICIENTE ENERGETIC

Conf. univ. dr. ing. Mădălina Călbureanu¹, S.I. dr. ing. Raluca Malciu¹, Diana Mara Călbureanu¹

^{*1}Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică

1. INTRODUCERE

În contextul actual al unor condiții climatice extreme, apare necesitatea de dezvoltare de materiale noi folosite ca sisteme de protecție ale clădirilor. Se vorbește din ce în ce mai mult despre necesitatea unei analize riguroase a construcțiilor existente și a celor noi și de realizarea unor reforme care să permită rezistență la schimbările care se produc pe plan climatic și, mai presus de toate, probarea unor materiale inovative.

Astfel este nevoie, în primul rând, de un model care să permită studiul durabilității unei clădiri, plecând de la materialele utilizate, proiectul, locația, caracteristicile structurii, și consumul energetic. Pornind de la aceste date se pot elabora diferite scenarii și analiza efectelor care se vor produce în construcție pe o perioadă îndelungată.[1]

Este necesar să urmărim ca materialul selectat să aibă o permeabilitate scăzută la vaporii de apă, în așa fel încât absorbția apei să fie mică și să reducă condensul și coroziunea. Deci, trebuie să fie rezistent la apă, la dizolvenți și la substanțele chimice. Trebuie să fie durabil și să nu-și piardă proprietățile izolante rapid. Trebuie să permită utilizarea unei game variate de adezivi pentru aplicarea sa. Trebuie să fie simplu și ușor de instalat, să cântărească puțin și să fie ușor de manipulat, să permită montajul cu ajutorul unor instrumente obișnuite.

Trebuie să fie economic, atât în termenii investiției inițiale cât și în cazul rentabilității pe termen lung. N-ar trebui să emane sau să absoarbă mirosuri. N-ar trebui să fie afectat de ciuperci, igrasie, nici să atragă paraziți. Ar trebui să aibă dimensiuni stabile, încât să nu se destrame.

Materialul ar trebui să fie calificat drept nu inflamabil și nu exploziv. Dacă s-ar întâmpla să ardă, produsele din arderea sa n-ar trebui să constituie un risc datorită toxicității lor.

În ultimul rând, selecția și gradul termic de izolare al unui material se bazează pe o serie de factori care ar trebui luați în considerare:

1. Clima;
2. Ușurința cu care se instalează, unele materiale, de exemplu, nu pot fi adaptate din cauza problemelor de acces sau toxicitate;
3. Durabilitatea, rezistența la comprimare, la umiditate, la degradare;
4. Costul care este, de obicei, relaționat cu eficiența și durabilitatea. [2-4]

Modul de transfer al căldurii, materialele termoizolante vărsate sunt mai utile în condiții de frig, unde se înregistrează pierderi semnificative, de aceea sunt mai puțin utile în mediile călduroase, în care radiațiile solare sunt o sursă de căldură importantă.

2. CARACTERISTICI DE MATERIAL LA TERMOIZOLANTII DIN LÂNA DE OAIE. AVANTAJE ȘI UTILIZARE

Este important să se cerceteze noi materiale, elementele-cheie pentru siguranța și comoditatea în utilizarea clădirilor. În prezent se fac investiții mari pentru obținerea unor materiale mai rezistente, mai ecologice și cu folosință de lungă durată. Materialul termoizolant folosit pentru analiza este lâna de oaie.

Lâna de oaie, produs natural și ecologic, cu calități termoizolante cunoscute de sute de ani, din 2003 este recunoscută oficial ca material de construcții în Uniunea Europeană sub denumirea de lâna Alchimea, datorită unui producător german, Alchimea Naturwaren, care a inventat un proces de tratare datorită căruia lâna de oaie s-a îmbunătățit, devenind ignifugă și rezistentă la carii și molii. [5]. Fig. 1

Lâna de oaie folosită pentru termo- și fonoizolare este un material izolator performant, natural, ușor de montat, fără iritații sau praf, fără materiale periculoase sănătății, izolator fonic și termic, cu capacitatea de a lega formaldehida din aer, cu capacitatea de a înmagazina umiditatea din aer. [6]

Avem astfel următoarele avantaje pentru acest tip de termoizolator:

- 100% ecologică;
- se procură ușor deoarece în urma tunderii oilor, lâna se regenerează;
- accesibilă utilizării de către persoanele alergice și cu afecțiuni pulmonare;
- costuri comparabile cu cele pentru materialele clasice, precum polistirenul sau vata minerală;
- suprafața încrețită a fibrelor de lâna face ca termoizolația să devină și un suport fonoizolant foarte bun;
- se fabrică în diferite lățimi și grosimi, sub formă de role de fibră omogenă și foarte ușor manevrabile;
- montajul este foarte ușor. [1]



Fig. 1 Saltele din lâna de oaie folosite pentru termoizolare [5]

Lâna de oaie este un izolant termic destul de eficace care a fost întrebuințat timp de secole, de fapt, nomazii mongoli foloseau deja pâsla și căptușeli din lâna de oaie ca strat izolant pentru pereții iurtelor sale.

Acest material este compus din lână de oaie și un liant tip poliester. Reușește o termoreglare naturală, datorită proprietăților sale higroscopice, când temperatura exterioară crește, fibrele se încălzesc, emană umezeală și răcesc. Dimpotrivă, când temperatura exterioară scade, fibrele se răcesc, absorb umiditatea și se încălzesc.

Lâna de oaie ajută la prevenirea condensului și este unul din cei mai durabili izolanți termici naturali. Dacă instalarea a fost corectă își menține densitatea și coeziunea timp de decenii.

Se prezintă sub forma de roluri flexibile, ușoare care se pot tăia cu ustensile simple pentru diverse suprafețe. Conductivitatea sa termică este de 0,039 W/(mK), iar densitatea este de 25 kg/m³. Este transpirabil fără să-și piardă proprietățile sale termice, ajută interiorul să respire creând spații seci. Este un produs natural care absoarbe umezeala.

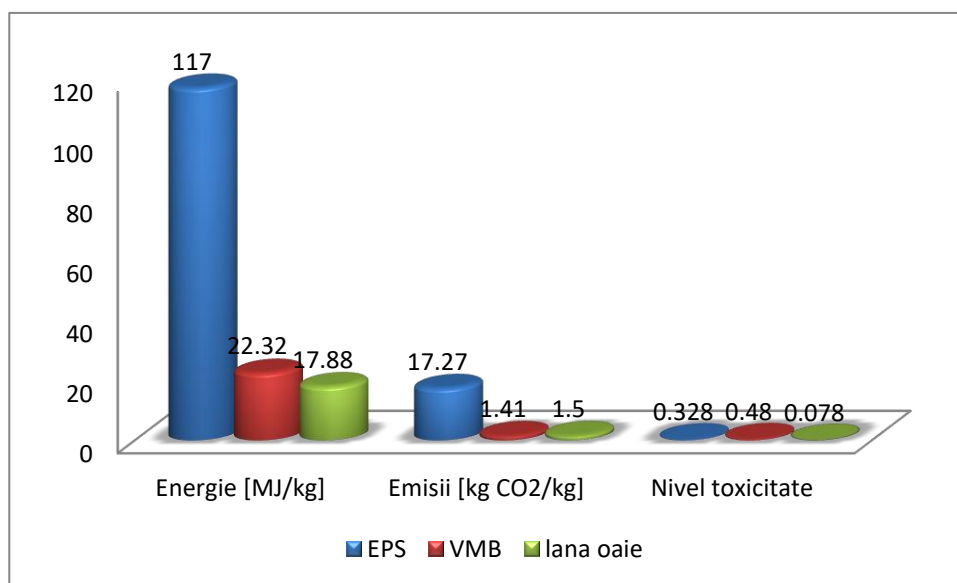


Fig. 2 Energia pentru producere, emisiile de CO₂ și nivelul de toxicitate pentru lâna de oaie, EPS și vata minerală bazaltică

Consumul de energie folosit pentru fabricarea acestora și emisiile de CO₂ sunt diferite, mai scăzute în cazul lânii de oaie și mai ridicat în celelalte tipuri de termoizolații clasice. În fig. 2 se prezintă comparativ energia folosită pentru realizare, emisiile și nivelul de toxicitate al lânii de oaie față de polistirenul expandat și vata minerală.

Se poate foarte ușor observa că din toate cele trei puncte de vedere, lâna de oaie este superioară celorlalte tipuri de termoizolanți clasici. [7-8]

Din punct de vedere al utilizării, lâna de oaie se poate folosi pentru izolarea caselor pe structura de lemn sau caramidă, în cazul podurilor, a acoperișului, izolație sub parchet, izolația fonică între nivele etc. Produsele nu au nici un miros, au un aspect placut, și montarea lor se face foarte simplu, cu o foarfecă și un capsator. **Pentru instalare sunt necesare următoarele componente foarte ușor de procurat:** capsator, foarfecă, adeziv (pe bază de latex natural), riglă, pensulă sau rolă (pentru adeziv). Datorita texturii sale moi, lâna poate fi introdusă foarte simplu în orice tip de construcție. Indiferent de montajul vertical sau înclinat, capsarea sau lipirea materialului conferă stabilitate.

Există izolație de grosimi diferite pentru lâna de oaie, aceasta fiind disponibilă în diferite grosimi. În funcție de tipul construcției, lâna poate fi montată într-un singur strat sau în mai multe straturi, de diverse grosimi.

Pentru instalarea în pereții despărțitori (gips-carton și suport din metal) se poate folosi următoarea tehnologie - lâna poate fi pur și simplu lipită de gips carton (cu adeziv aplicat cu pensula sau cu rola). La proeminențe se fixează cu șuruburi, iar la gips carton pur și simplu cu capse.

Acest tip de termoizolație are proprietăți excelente de izolare termică, de izolare fonică, este permeabilă la vapori, are utilizare multiplă fiind eficientă, ușor de aplicat. Produsul are capacitate de difuzie, adică nu influențează cedarea umidității și este fabricat din ingrediente naturale. Este un material izolator care își păstrează forma. Un material termoizolator care elimină formaldehida din aer cu o conductivitate excelentă de numai $\lambda = 0.0356 \text{ W / mK}$. Este de asemenea un produs tratat și ignifugat și ușor de montat.

Proprietățile excelente de izolare termică a lânii se pastrează chiar și în stare umedă. Prin absorbția și cedarea rapidă a umidității atenuază excelent variațiile extreme de temperatură, de exemplu, la acoperișul casei. Lâna își păstrează forma și datorită fixării genetice a fibrelor, lâna revine mereu la grosimea și densitatea originală. Lâna posedă și capacitatea de a reduce zgomotul. S-a dovedit a fi un foarte bun absorbant fonic atât la pereți cât și la tavane. Lâna poate elimina formaldehida și alți poluanți din aer. Acest efect se bazează pe compoziția chimică a lânii. Produsele de reacție sunt foarte stabile și nu se mai emană formaldehidă.

În fig. 3 se poate observa valoarea conductivității termice a lânii de oaie comparativ cu a altor termizolanți clasici.

3. TRANSFERUL DE MASĂ PRIN TERMOIZOLANȚII DIN LÂNA DE OAIE

Se folosește ca model de studiu o locuință rezidențială din zona II climatică cu următoarele caracteristici privind parametrii climatici interiori și exteriori date de tab. 1 și se evaluează riscul la condens și acumularea de apă în anotimpul rece [9-10]. Fiind clădire rezidențială, temperatura aerului interior este de 20°C, iar temperatura medie anuală a aerului exterior este de 9.50°C. Alcătuirea și caracteristicile elementului de construcție este prezentat în tab. 2. S-a considerat un perete din cărămidă cu găuri verticale cu grosimea de 35 cm, iar grosimea termoizolației este de 10 cm, similară cu cea a unei termoizolații clasice cu EPS. [11-13]

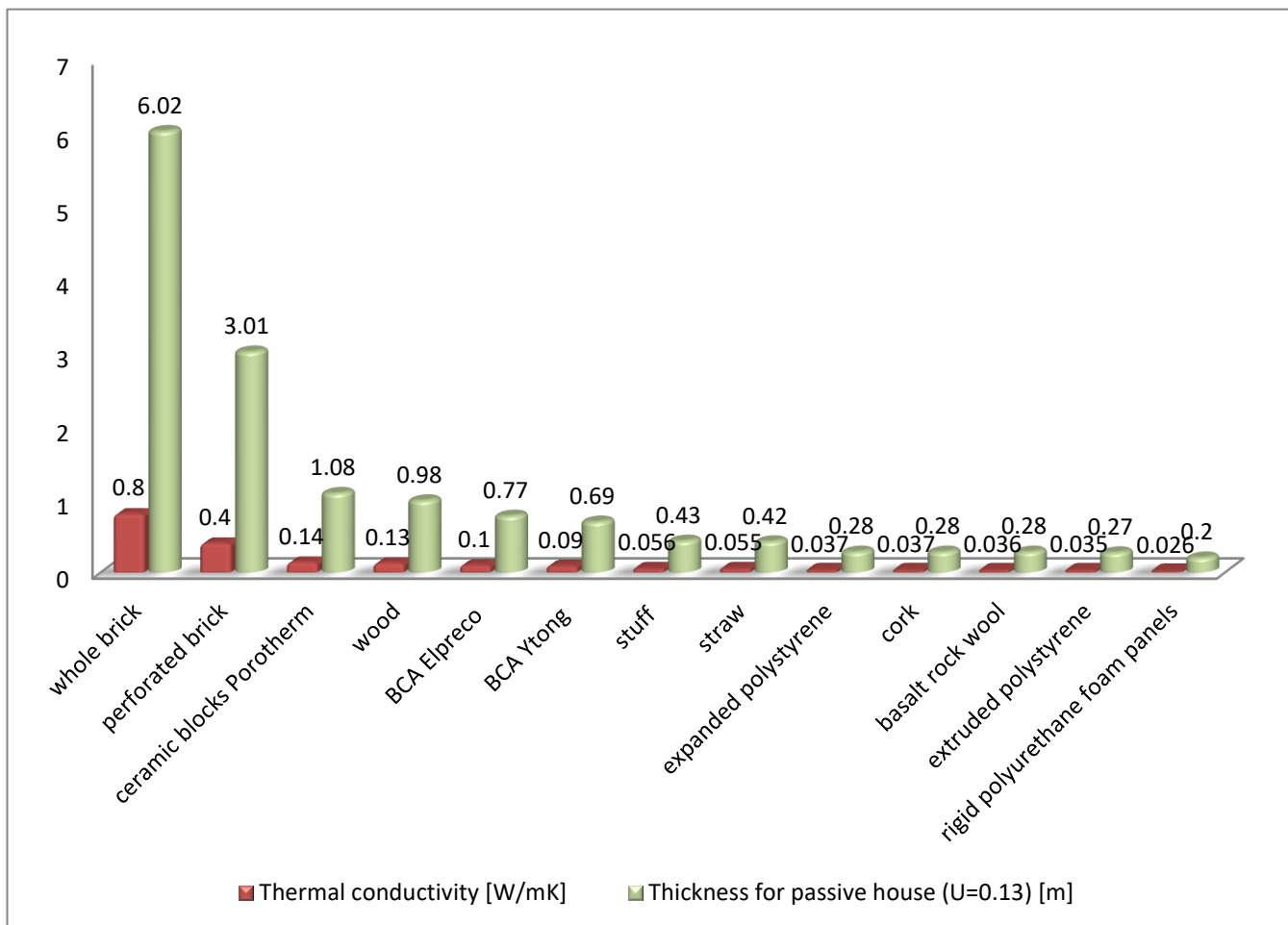


Fig. 3 Conductivitatea termică a lânii de oaie comparativ cu a altor termoizolanți clasici și grosimea echivalentă pentru construcția unei case pasive

Tab. 1 Parametrii climatici interiori și exteriori necesari la verificarea neacumulării progresive de apă

Verificarea neacumulării progresive de apă

Parametri climatici interiori	
Temperatura aerului interior	20 °C
Umiditatea relativă a aerului interior	60 %
Coeficientul de transfer termic la suprafața interioară	8 W/m ² °C
Parametri climatici exteriori	
Temperatura medie anuală a aerului exterior	9.50 °C
Umiditatea relativă a aerului exterior	80 %
Coeficientul de transfer termic la suprafața exterioară	24.00 W/m ² °C

Tab. 2 Alcatuirea și caracteristicile elementului de construcție

Alcătuirea și caracteristicile elementului de construcție

Cod	Straturile elementului de construcție (se introduce obligatoriu de la interior spre exterior)	Grosime strat (m)	Conductivitate termică (W/m°C)	Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori (-)
✓ 52	Mortar de var	0.0100	0.700	5.30
✓ 202	Zidărie din cărămizi cu găuri verticale, tip GVP	0.3500	0.580	4.50
✓ 204	Lana oaie	0.1000	0.033	0.50
✓ 51	Mortar de ciment și var	0.0100	0.870	8.50

Temperatura aerului exterior la care apare condensul este de -8.38°C , la o umiditate relativă a aerului exterior de 85%.

Tab. 3 Temperatura și presiunile parțiale pe suprafețele straturilor

Nr. crt.	Suprafețele straturilor	Presiunea parțială (Pa)	Presiunea de saturație (Pa)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
	Aerul interior	1402.2	2337.0	20.00
0	Suprafața interioară	1402.2	2207.4	19.08
1	Limita între straturile 1 / 2	1367.7	2193.0	18.98
2	Limita între straturile 2 / 3	342.2	1655.0	14.54
3	Limita între straturile 3 / 4	309.6	309.6	-7.99

Parametri climatici interiori	
Temperatura aerului interior	20 $^{\circ}\text{C}$
Umiditatea relativă a aerului interior	60 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața interioară	8 $\text{W/m}^2\text{C}$
Parametri climatici exteriori	
Temperatura aerului exterior la care apare condensul	-8.38 $^{\circ}\text{C}$
Umiditatea relativă a aerului exterior	85 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața exterioară	24 $\text{W/m}^2\text{C}$

Tab. 4 Cantitatea de apă acumulată prin condens în sezonul rece

Cantitatea de apă acumulată prin condens în sezonul rece

Parametri climatici interiori	
Temperatura aerului interior	20 $^{\circ}\text{C}$
Umiditatea relativă a aerului interior	60 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața interioară	8 $\text{W/m}^2\text{C}$
Parametri climatici exteriori	
Temperatura aerului exterior pe durata condensării	-13.38 $^{\circ}\text{C}$
Umiditatea relativă a aerului exterior	85 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața exterioară	24 $\text{W/m}^2\text{C}$

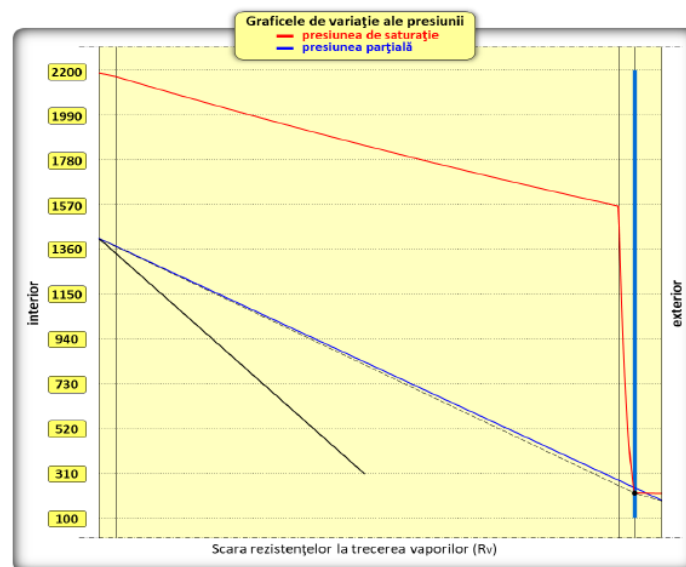


Fig. 4 Diagrama graficelor de variație a presiunii

Temperatura aerului exterior pe durata condensării este de -13.38°C . Tab. 5 prezintă parametrii climatici interiori și exteriori pe durata evaporării. Se observă că temperatura aerului exterior pe durata evaporării este de 7.62°C . Se observă că nu există riscul acumulării de apă prin verificarea umezirii succesive.

Tab. 5 Parametrii climatici interiori și exteriori pe durata evaporării

Parametri climatici interiori	
Temperatura aerului interior	20 °C
Umiditatea relativă a aerului interior	60 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața interioară	8 W/m ² °C
Parametri climatici exteriori	
Temperatura aerului exterior pe durata evaporării	7.62 °C
Umiditatea relativă a aerului exterior	70 %
Coefficientul de transfer termic la suprafața exterioară	24 W/m ² °C

În fig. 7 sunt centralizate datele referitoare la transferul de masă pentru modelul studiat. Se observă o cantitate de apă acumulată în anotimpul rece de 0.0720 kg/mp, iar creșterea umidității la sfârșitul perioadei de condensare este de **3.60% < 15%** valoarea maxim admisibilă a umidității masice.

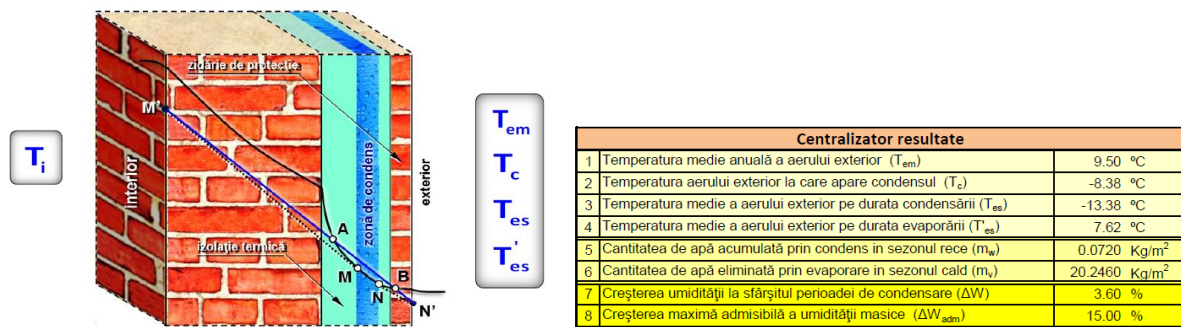


Fig. 7 Evaluarea riscului la condens la termoizolații din lâna de oaie și centralizatorul de rezultate

4. CONCLUZII

Evaluarea caracteristicilor higroscopice este importantă atât pentru asigurarea cerinței fundamentale aplicabilă construcțiilor referitoare la igienă, sănătate și mediu înconjurător cât și asigurarea cerinței fundamentale referitoare la economie de energie și izolare termică. Determinarea performanțelor higroscopice ale sistemelor de protecție/placare exterioară ale clădirilor este utilă: - proiectanților, pentru alegerea alcătuirii elementelor de închidere, calculului termic și calculului privind difuzia vaporilor de apă; - producătorilor de materiale de construcții care trebuie să indice în Declarațiile de Performanță ale produselor caracteristicile referitoare la conductivitatea termică/rezistența termică și permeabilitatea la vapori de apă. Realizarea unor elemente de închidere care au o comportare favorabilă la difuzia vaporilor de apă satisface și durabilitatea construcțiilor, componentă esențială a cerinței fundamentale privind utilizarea sustenabilă a resurselor naturale.

Lâna de oaie este un izolant termic eficient ce concurează cu termoizolațiile utilizate pe scară largă ce se termoreglează natural. Așa cum decurge din studiul prezentat lâna de oaie ajută la prevenirea condensului. Acest tip de termoizolant are capacitate de difuzie, adică nu

influențează cedarea umidității. Având în vedere și faptul că este un izolator fonic foarte bun acest produs poate fi recomandat ca un produs ecologic (verde) excelent pentru termo-higro-fono izolarea locuințelor.

Bibliografie

- [1] Tabrea, A. (1998) - *Alcătuiri îmbunătățite de pereți și acoperișuri din punct de vedere higrotermic* - Teză de doctorat - Universitate Tehnică de Construcții București.
- [2] Baci, V., Lazăr, M. (2006), “*Sisteme compozite de izolare termică la exterior pe bază de polistiren expandat. cerințe, metode de încercare și niveluri de performanță*”, Conferința CAMEX - Cu tehnologii noi restaurăm trecutul și construim viitorul, 13-17 Septembrie, PRISMA - București.
- [3] Baci, V., Fiat, D., Lazăr M., Țabrea, A. (2010) “*Proceduri de încercare structuri de izolare termică*”, CONTEL, Sibiu Baci, V., Fiat, D., Lazăr M., Țabrea A. (2010), “*Proceduri de încercare tâmplărie cu vitraje izolante*”, CONTEL, Sibiu;
- [4] Baci, V., Lazăr, M. (2011) “*Noutăți în domeniul reglementat referitor la aplicarea marcajului CE pentru tencuieli decorative pe bază de lianți organici*”, Conferința Națională a Asociației Producătorilor de Materiale pentru Construcții din România, Produsele chimice și materialele pentru construcții.
- [5] <http://www.termocel.ro>
- [6] [/www.naturalpaint.ro/termoizolatii/izolatii-din-lana-de-oaie](http://www.naturalpaint.ro/termoizolatii/izolatii-din-lana-de-oaie)
- [7] Winkler, C. M., et al., *Film Condensation of Saturated and Superheated Vapors along Isothermal Vertical Surfaces in Mixed Convection*, Numer. Heat Transfer, 36 (1999), 2, pp. 375-393
- [8] Zhang, B. Q., Liu, X. F., *Effects of Fractal Trajectory on Gas Diffusion in Porous Media*, AIChE Journal, 44 (2003), 12, pp. 3037-3047
- [9] Madalina Xenia Calbureanu, Emil Albota, Dragos Tutunea, Sorin Dumitru, Raluca Malciu, Alexandru Dima, *Contributions above the dew-point problem in civil building EPS insulated walls modeling with finite element the convective heat transfer*, INTERNATIONAL JOURNAL OF MECHANICS Issue 3, Volume 4, 2010, pp. 53-62
- [10] Madalina Calbureanu, Mihai Talu, Carlos Manuel Travieso-González, Stefan Talu, Mihai Lungu, Raluca Malciu, *The finite element analysis of water vapor diffusion in a brick with vertical holes*, pag. 57-62, International Conference on Mathematical Models for Engineering Science (MMES '10) , ISBN: 978-960-474-252-3, ISSN: 1792-6734, Puerto De La Cruz, Tenerife, November 30-December 2, 2010
- [11] F.P. Incropera, D.P. Witt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Willey&Sons, New York 1996.
- [12] C 107 - 2005 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.
SR EN 12086:2013 - Produse termoizolante destinate utilizării la clădiri. Determinarea proprietăților de transmisie a vaporilor de apă[13] Dorfman, A. S., *Conjugate Problems in Convective Heat Transfer*, Taylor & Francis, New York, USA, 2010, pp. 21-29